

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :  
(A n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction).

2 252 633

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 74 38231**

(54) Dispositif pour l'irradiation uniforme au moyen d'un rayonnement électromagnétique.

(51) Classification internationale (Int. Cl.): **G 21 K 5/00; A 23 L 3/26; A 61 L 3/00.**

(22) Date de dépôt ..... **21 novembre 1974, à 10 h 10 mn.**

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : *Demande de brevet déposée en République Fédérale d'Allemagne le 24 novembre 1973, n. P 23 58 652.9 au nom du demandeur.*

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande ..... **B.O.P.I. - «Listes» n. 25 du 20-6-1975.**

(71) Déposant : **TETZLAFF Karl-Heinz, résidant en République Fédérale d'Allemagne.**

(72) Invention de : **Karl-Heinz Tetzlaff.**

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire :

La présente invention a pour objet un dispositif permettant d'irradier d'une manière uniforme, au moyen de rayons électromagnétiques, des matériaux de grandes dimensions et d'une densité élevée.

5 Par un rayonnement électromagnétique de courte longueur d'onde, tels qu'un rayonnement X ou gamma, les propriétés physiques, chimiques et biologiques des matériaux et substances sont modifiées. Techniquelement, le rayonnement est utilisé notamment pour la destruction de microorganismes. Sont irradiés notamment des seringues, des scalpels, du matériel chirurgical, des aliments pour animaux, des aliments pour l'homme ou aussi des systèmes d'enzymes. Souvent, cette irradiation a lieu dans des emballages prêts à l'expédition. Une dose minimale déterminée garantit alors pratiquement la stérilité. Une irradiation supplémentaire portera généralement préjudice au matériau irradié.

10 Avec les récipients utilisés généralement dans la technique, dans lesquels les substances sont irradiées, la propagation du rayonnement et son absorption ont pour conséquence que tous les éléments de volume ne sont pas irradiés avec la même dose. Même lorsque le récipient, conformément à l'état de la technique, est irradié depuis plusieurs côtés, il est nécessaire de mettre en oeuvre des excès de dose partiels considérables, pour atteindre la dose minimale par exemple pour la

15 stérilité. Cela équivaut à une altération des propriétés de matières plastiques fréquemment utilisées, comme par exemple un accroissement de la fragilité dans le cas du polypropylène ou une altération de la teinte et le dégagement d'odeurs dans le cas du chlorure de polyvinyle. En outre, l'excès de dose a également pour conséquence une diminution de la qualité dans le cas de produits alimentaires ou une réduction sensible de l'efficacité biologique dans le cas d'enzymes. Le rapport entre la dose maximale et la dose minimale dans un produit à irradier, par exemple un récipient d'irradiation tel qu'un carton ou un fût,

20 sera appelé ci-après "facteur d'excès de dose". Par irradiation uniforme il est entendu que le facteur d'excès de dose est proche de l'unité.

25

30

35

On connaît un dispositif de la ATOMIC ENERGY OF CANADA LIMITED (désigné ci-après par dispositif A), dans lequel autour d'une

source de rayonnement  $\text{Co}^{60}$  en forme de plateau, d'une surface d'environ  $1 \text{ m}^2$ , un certain nombre de cartons qui contiennent le produit à irradier sont, en deux couches horizontales superposées, guidés autour de la source de rayonnement de manière telle que 5 les cartons sont irradiés à partir de deux côtés opposés. Après la moitié de la durée d'irradiation prévue, les cartons doivent être tournés, ou bien la position du trajet doit être alternée. Pour des dimensions de boîte en carton de  $55,2 \text{ cm} \times 43,2 \text{ cm} \times 91,4 \text{ cm}$  et une densité de remplissage moyenne depuis  $0,3 \text{ g/cm}^3$ , le 10 facteur d'excès de dose atteint déjà des valeurs qui sont trop élevées pour de nombreuses applications.

Dans un dispositif de la RADIATION DYNAMICS LIMITED (appelé ci-après dispositif R), 6 récipients tournent sur un trajet circulaire d'un diamètre de  $2,2 \text{ m}$  autour d'une source de  $\text{Co}^{60}$  en 15 forme de barre d'une longueur d'environ  $45 \text{ cm}$ , barre qui exécute un mouvement alternatif vertical. Les récipients en forme de parallélépipède à surface de base carrée tournent alors dans le même sens autour de leur propre axe longitudinal. La rotation a lieu pas à pas de  $90^\circ$ , de telle sorte que dans la pratique, 20 un côté plat est toujours orienté vers la source de rayonnement. C'est ainsi par exemple qu'avec des récipients de dimensions  $70 \text{ cm} \times 70 \text{ cm} \times 250 \text{ cm}$ , et une densité de remplissage de  $0,7 \text{ g/m}^3$  le facteur d'excès de dose est supérieur à 2.

En vue de l'utilisation dans la recherche sont connus des 25 dispositifs (par exemple de la ATOMIC ENERGY OF CANADA LIMITED) dans lesquels une multiplicité de sources de rayonnement en forme de barre sont disposées sur un cercle, ou dans lesquels est par exemple utilisée une anode de rayons X en forme de pot.

Abstraction faite des volumes non irradiés uniformément aux 30 extrémités axiales, on obtient de la sorte au centre une enceinte intérieure cylindrique, qui présente en tous les points un débit de dose sensiblement identique. Toutefois, dès que le produit à irradier est placé dans l'enceinte intérieure, le débit de dose diminue fortement, notamment pour des produits à irradier 35 de densité plus élevée. Ce phénomène peut faire tort aux travaux de recherche.

Dans le brevet allemand 1 953 135 est décrit un dispositif qui fonctionne avec une source de rayonnement en forme de plaque. Grâce à la mise en place d'un dispositif à diaphragme, composé

de barres prismatiques, on obtient une diminution moins forte du débit de dose au fur et à mesure qu'augmente la distance verticale à la source de rayonnement. Ce résultat ne peut être atteint ailleurs qu'avec une source de rayonnement en forme de plaque 5 sensiblement plus grande. Une irradiation un peu plus uniforme est toutefois toujours atteinte au dépens d'une diminution du rendement de radiation, qui est occasionnée par les barres prismatiques.

La production d'un champ de radiations meilleur plus homogène 10 dans l'air - qui est la caractéristique commune des dispositifs connus mentionnés - ne permet toutefois pas de résoudre le problème posé, à savoir une dose d'irradiation réellement uniforme au sein du produit à irradier, donc de la matière, même 15 pas par une irradiation à partir de plusieurs côtés. Cela est dû au fait que parmi les deux grandeurs qui influencent l'uniformité de l'irradiation, à savoir la propagation du rayonnement et l'absorption du rayonnement, seule la propagation du rayonnement est influencée. L'action de l'absorption du rayonnement, qui conduit au fait qu'au centre on obtient sensiblement une dose minimale, 20 ne peut donc être compensée dans aucun cas.

Dans le dispositif suivant l'invention, il n'est pas tenté 25 d'engendrer un champ de radiation homogène dans l'air. Au contraire, le champ de radiation est intentionnellement fortement distordu, c'est-à-dire rendu moins homogène. D'une manière surprenante, on peut de la sorte compenser l'absorption de rayonnement. Dès lors, le produit à irradier reçoit dans chaque élément de volume la même dose de rayonnement, et il n'est pas produit au centre une dose minimale.

Pour supprimer les inconvénients découlant d'un facteur 30 d'excès de dose élevé, il est proposé un dispositif permettant d'irradier d'une manière uniforme même des produits à irradier d'une densité de remplissage et de dimensions élevées, avec un rayonnement électromagnétique dont l'énergie quantique est supérieure à 5 KeV, dispositif qui présente une ou plusieurs sources 35 d'irradiation et des dispositifs pour la réception des produits à irradier, lequel dispositif étant caractérisé par le fait que latéralement du faisceau de rayonnement entre la source de rayonnement et l'axe médian du produit à irradier est disposé au moins un élément de blindage, dont l'action de blindage augmente au fur 40 et à mesure qu'augmente la distance latérale de ce faisceau de rayonnement, et que les sources de rayonnement, les éléments de

blindage et le dispositif pour la réception du produit à irradier permettent que le rayonnement pénètre dans le produit à irradier à travers la surface d'enveloppe du produit à irradier de manière telle que la région entourant immédiatement 5 l'axe médian du produit à irradier est irradiée sans que les éléments de blindage exercent une action d'atténuation.

L'élément de blindage situé latéralement du faisceau de rayonnement allant de la source de rayonnement vers l'axe médian du produit à irradier a pour effet que dans une section transversale perpendiculaire à l'axe médian du produit à irradier est atteinte partout une dose d'irradiation de même valeur. Lorsque le produit à irradier a de grandes dimensions, on prévoit de préférence deux éléments de blindage symétriquement des deux côtés du faisceau de rayonnement. Dans ce cas une source de 15 rayonnement est suffisante, si le dispositif pour la réception du produit à irradier est monté à rotation, de telle sorte que le produit à irradier tourne autour de son propre axe, par exemple l'axe de symétrie, ou bien si la source de rayonnement et l'élément de blindage tournent autour du produit à irradier. 20 L'irradiation uniforme sur toute la section transversale peut également être atteinte par le fait que plusieurs sources de rayonnement avec les éléments de blindage latéraux associés sont groupés sur un cercle autour du produit à irradier. Ce dernier dispositif ne comporte donc pas de pièces mobiles.

25 Par source de rayonnement pour rayons X on entend dans la présente description le lieu où ils prennent naissance. Contrairement au cas où les sources radioactives sont montées de manière mobile, il est utile non de mouvoir l'ensemble du dispositif pour la production des rayons X ou l'anode, mais de 30 diriger sur une anode fixe, à l'aide de champs électriques ou de champs électromagnétiques, le faisceau d'électrons engendrant les rayons X. Il est ainsi possible, sans pièces mobiles, de créer une source de rayonnement rotative ou quasi-rotative.

Les termes utilisés plus haut "axe médian du produit à 35 irradier" désignent l'axe de rotation, en cas de montage rotatif, et, en cas de disposition statique, la ligne de croisement des faisceaux de rayonnement qui sont issus des différentes sources de rayonnement et qui passent sans entraves par la fente que laissent deux éléments de blindage disposés latéralement. De

préférence, l'axe médian du produit à irradier coïncide avec l'axe de symétrie le plus long du produit à irradier.

Pour atteindre une irradiation uniforme sur tout le volume du produit à irradier, le dispositif pour la réception du produit à irradier est monté de manière mobile dans la direction de l'axe médian du produit à irradier, de telle sorte que le produit à irradier, par exemple chargé dans des fûts, se déplace le long de la source de rayonnement tout en exécutant une rotation, et en succession rapide, à l'aide d'un ruban transporteur. Le meilleur rendement est obtenu lorsque plusieurs installations de cette nature entourent en cercle la source de rayonnement (ou un faisceau de sources de rayonnement individuelles). Seul en cas de passage à une autre charge de produit à irradier, laquelle quant à ses dimensions, sa densité ou la dose d'irradiation ne correspond pas à la charge précédente, il se produit une irradiation irrégulière pour le premier fût.

Une autre possibilité d'une irradiation uniforme réside dans le fait de concevoir la source de rayonnement et les dispositifs pour la réception de la source de rayonnement et du produit à irradier de manière telle que l'émission de rayonnement utile est atténuée dans la région moyenne entre les extrémités axiales du produit à irradier. Cette atténuation peut être atteinte par le fait qu'une source de rayonnement allongée orientée de préférence parallèlement à l'axe médian du produit à irradier (par exemple l'axe de symétrie le plus long) est conçue de manière telle que la quantité d'activité par unité de longueur est, au milieu, inférieure qu'en face des extrémités axiales du produit à irradier, ou que le milieu est blindé plus fortement que les extrémités. Ce blindage peut consister tant dans un renforcement du gainage de la source de rayonnement, qu'également dans un renforcement de la paroi du récipient, au cas où le produit à irradier se trouverait dans un récipient. Il est même possible que le blindage soit produit par une partie du produit à irradier lui-même. Le produit à irradier ou le récipient du produit à irradier a alors une configuration se rapprochant de celle d'un tonneau. Il est possible d'arriver au même résultat, à savoir la diminution de l'émission utile des radiations, en employant des dispositifs pour la réception de la source de rayonnement et du produit à irradier qui permettent de mouvoir une source de

rayonnement géométriquement petite par rapport aux dimensions du produit à irradier, relativement à l'axe médian du produit à irradier de manière telle que la durée de séjour de la source par unité de longueur de l'axe de déplacement est, pour un cycle 5 d'irradiation, qui dans le présent cas est un cycle de déplacement, moindre au milieu que dans la région vis-à-vis de l'extrême axiale du produit à irradier. Si par exemple, le produit à irradier est déplacé, dans des récipients, en continu le long de la source de rayonnement, il suffit de prévoir au début et à la 10 fin d'une nouvelle charge, une modification appropriée de la durée de séjour. En complément à ces trois mesures pour la diminution de l'émission utile de rayonnement au milieu (distribution d'activité, blindage et déplacement spécial relatif de la source de rayonnement), il est nécessaire d'irradier de tous côtés le produit 15 à irradier. Comme on l'a déjà décrit plus haut, cela peut être atteint par le fait que le produit à irradier tourne, ou que la source de rayonnement tourne autour du produit à irradier. Le même résultat est également atteint si l'on dispose plusieurs 20 sources de rayonnement autour du produit à irradier. Cette technique d'irradiation en vue d'une irradiation uniforme, qui fonctionne sans éléments de blindage introduits latéralement dans le faisceau de rayons allant de la source de rayonnement à l'axe médian du produit à irradier, est limitée à des cas d'application dans les- 25 quels l'épaisseur irradiée et la densité du produit à irradier ne sont pas trop élevées. Par rapport aux dispositifs connus, on peut obtenir toujours une diminution considérable du facteur d'excès de dose (voir également l'exemple).

Toutefois, si l'on associe, dans un seul dispositif, les dispositifs pour diminuer l'émission utile du rayonnement et les 30 éléments de blindage introduits latéralement dans le faisceau de rayons de la source de rayonnement vers l'axe médian du produit à irradier, il est également possible d'irradier un produit d'une densité élevée et de forte épaisseur, avec une uniformité qui jusqu'ici a été estimée impossible. Dans ce cas le produit 35 à irradier, qui peut avoir une longueur axiale choisie à volonté, ne doit pas être déplacé dans la direction de l'axe médian du produit à irradier. Les dispositifs décrits permettant d'assurer une irradiation de tous côtés sont évidemment également à prendre

en considération à ce sujet. Pour la forme extérieure du produit à irradier, c'est la forme cylindrique (fût) qui est la plus apte, ce qui veut dire qu'elle permet d'obtenir une irradiation très régulière avec un bon rendement. En cas d'utilisation 5 d'autres formes de section transversale des récipients pour la réception du produit à irradier, le facteur d'excès de dose est plus grand, mais encore admissible dans de nombreux cas.

Conformément à une autre développement du dispositif suivant l'invention, il est toutefois également possible d'irradier 10 d'une manière très uniforme des produits à irradier de grande dimension et d'une forme irrégulière quelconque, ou des produits à irradier contenus dans des récipients de grandes dimensions et d'une forme choisie à volonté. Dans ce dispositif il faut toutefois prévoir une diminution du rendement, variable suivant 15 la configuration. En tant que forme extérieure de récipient, on choisit de préférence un cylindre. Dans ce cylindre est introduit par exemple un récipient à section transversale carrée, dont l'enceinte intérieure contient le produit à irradier.

L'intervalle entre le cylindre et l'enceinte intérieure est rempli 20 avec un matériau de même densité de remplissage que celle du produit à irradier. Par cette méthode peuvent aussi être irradiés d'une manière uniforme de grands morceaux de viande ou du poisson, et de l'eau peut être utilisée pour les intervalles.

A l'aide du dispositif suivant l'invention, il est possible 25 d'irradier de manière uniforme de grands volumes, par exemple des cylindres d'un diamètre supérieur à 1 m, et d'une forte densité de remplissage du produit à irradier, par exemple de  $1\text{g/cm}^3$ .

Outre l'amélioration de qualité sensible dans certains cas du produit irradié en comparaison avec l'irradiation dans des dispositifs connus, cela produit également un effet de rationalisation technique, parce que actuellement il y a une tendance à adopter des unités de conditionnement et d'expédition (conteneurs) 30 toujours plus grandes et que le dispositif suivant l'invention peut être facilement adapté à cette tendance.

35 Desinstallations à rayons X à faibles tensions d'exploitation et avec une protection simple contre le rayonnement peuvent être utilisées avec des récipients de produits à irradier sensiblement plus grands (en comparaison avec les installations connues) partout où il importe d'avoir une courte durée d'irradiation ou

un faible poids de l'installation, par exemple dans les installations non stationnaires.

Il est également possible d'utiliser les doses maximales d'irradiation fixées administrativement. Lors de l'irradiation 5 d'aliments aux fins de la prolongation de leur conservation, cela peut conduire à des avantages concurrentiels.

Pour un chercheur par exemple, qui procède à des essais d'irradiation avec des aliments, et qui utilise à cet effet un dispositif suivant l'invention avec une enceinte intérieure rem-10 plie d'eau et irradiée d'une manière uniforme, il résulte une simplification considérable du travail, parce que des échantillons d'aliment soudés par exemple dans des sachets en matière plastique, ou conditionnés dans des boîtes ou des bouteilles, échantillons qui correspondent approximativement à la densité de 15 l'eau, peuvent être placés en un point quelconque et rapprochés à volonté les uns des autres dans la chambre d'irradiation, sans qu'il faille procéder à des calculs compliqués de blindage. Dans la pratique, cette enceinte intérieure est mal utilisée dans les installations connues, parce que chaque échantillon nou-20 vellement introduit perturbe le champ d'irradiation pour les autres échantillons.

Par rapport à un dispositif connu comparable, le dispositif suivant l'invention permet encore d'augmenter le rendement d'irradiation (voir également l'exemple), étant donné que les 25 éléments de blindage latéraux ne réduisent que la dose de rayonnement qui, pour la stérilisation par exemple, est en tout état de cause superflue; et parce qu'aux extrémités axiales du produit à irradier, les endroits qui en général sont trop faiblement irradiés mais auxquels se réfère la dose minimale peuvent par 30 un faible accroissement du rayonnement être portés au niveau de dose général.

Le dispositif suivant l'invention sera décrit ci-après à titre d'exemple avec référence aux Figs. 1 à 7.

La Fig. 1 est une vue schématique d'un dispositif suivant 35 l'invention.

La Fig. 2 est une vue en plan correspondant à la Fig. 1.

La Fig. 3 représente une forme d'exécution du dispositif suivant l'invention pour l'irradiation de produits dans des récipients à surface de base carrée.

La Fig. 4 représente une forme de réalisation avec plusieurs sources de rayonnement et avec une enceinte intérieure irradiée uniformément, dispositif qui ne comporte pas d'éléments mobiles.

5 La Fig. 5 est un diagramme illustrant l'influence de la densité de remplissage sur le facteur d'excès de dose.

Les Figs. 6 et 7 sont des diagrammes illustrant le rendement des radiations en fonction de la densité de remplissage avec référence à plusieurs exemples.

10 Conformément aux Figs. 1 et 2, le produit à irradier 2 est disposé dans six récipients suivant un cercle autour de la source de rayonnement radioactive 1 en forme de barre. Les récipients qui sont de préférence de forme cylindrique, sont posés sur une base en forme de plateau ou de disque et un mécanisme d'entraînement 3 leur communique un mouvement de rotation dans le même sens ou de préférence en sens opposés. L'arbre 4 du plateau rotatif aura la forme d'un arbre creux à paroi mince. Le cas échéant, on peut également utiliser un dispositif dans lequel le produit à irradier est disposé de manière suspendue.

20 Le rayonnement qui ne tombe pas directement sur l'axe médian médian du produit à irradier est par des éléments de blindage 5 de forme appropriée, atténué plus fortement au fur et à mesure que la distance latérale augmente. Dans les Figs. 1 et 2, deux éléments de blindage de récipients voisins sont, avec avantage, réunis 25 en une unité. Pour de petits récipients de produits à irradier, il suffit également de prévoir un élément de blindage par récipient. Les éléments de blindage 5 doivent être adaptés à la densité de remplissage de la matière à irradier et aux conditions géométriques. Grâce à cette disposition, on obtient une irradiation uniforme dans un plan perpendiculaire à l'axe du récipient. Pour irradier également d'une manière uniforme des éléments volumétriques qui sont décalés les uns par rapport aux autres en direction axiale, la source de rayonnement 1 en forme de barre, de préférence courte, est mue en direction axiale parallèlement à 35 l'axe des récipients de manière telle que sa durée de séjour par unité de longueur - en moyenne, dans le temps, pendant un cycle d'irradiation - est, dans la région moyenne, diminuée en comparaison avec la durée de séjour dans les positions terminales

(désignées par 6 et 7 à la Fig. 1) en face des extrémités des récipients. On obtient aussi un résultat de même valeur si l'on accroît la durée de séjour, par rapport à la durée de séjour dans la position moyenne, déjà avant que les positions terminales 5 soient atteintes. Le mouvement de la source peut avoir lieu en continu et aussi pas à pas. Ce mouvement de la source de rayonnement doit être optimisé conformément aux dimensions des récipients et à la densité de remplissage de la matière à irradier. Il s'est révélé utile de disposer les récipients contenant le 10 produit à irradier, conjointement avec les éléments de blindage, sur un carrousel 8, qui exécute un mouvement de rotation ou un mouvement oscillant. De ce fait, il est possible d'utiliser, dans le centre, plusieurs sources de rayonnement d'activités différentes en forme de faisceau, ce qui est avantageux pour la recharge de 15 l'activité. En outre, un carrousel facilite le chargement et le déchargement du dispositif. En vue d'une meilleure adaptation à l'installation de production, le produit à irradier 2 peut également être constitué de plusieurs unités plus petites, disposées les unes au-dessus des autres ou les unes à côté des autres.

20 La Fig. 4 représente une forme d'exécution qui ne comporte pas de pièces mobiles. Un certain nombre de sources de rayonnement 1 en forme de barre sont disposées autour du produit à irradier 2. Le produit à irradier 2 a la forme d'un cylindre. Latéralement 25 du faisceau de rayonnement de la source de rayonnement à l'axe du cylindre, on a associé à chaque source de rayonnement deux éléments de blindage 5. Dans cette figure, les éléments de blindage sont associés par paires pour former une unité. Les sources de rayonnement 1 en forme de barre, qui sont un peu plus longues que la longueur du produit à irradier en forme de cylindre, présentent aux extrémités une quantité d'activité par unité de longueur plus grande qu'en leur milieu. Au cas où les sources émettrices seraient formées par différentes régions anodiques d'une installation à rayons X, le rayon électronique est commandé en analogie 30 avec la distribution d'activité de manière telle qu'aux extrémités est absorbé un débit plus élevé dans l'anode. Pour l'application pratique, le rendement de radiation joue un rôle considérable. Par rendement de radiation, on entend la proportion de l'énergie de rayonnement gamma absorbée par le produit à irradier, dans 35 l'énergie de rayonnement gamma émise par le nuclide. La

proportion non utilisée de l'énergie de rayonnement gamma comprend : l'auto-absorption de l'émetteur radioactif, l'absorption du scellement de la source et d'autres dispositifs. En outre la proportion du rayonnement non utilisable pour des causes géométriques. Dans les exemples, l'auto-absorption et l'absorption dans la matière appartenant à la source de rayonnement perpendiculairement à l'axe de la source de rayonnement a été évaluée à 26 % dans le dispositif suivant l'invention. Les valeurs du dispositif R correspondant à l'état de la technique sont évaluées dans les 10 mêmes hypothèses.

#### Exemple 1

a) Comme esquissé aux Figs. 1 et 2, on a disposé autour d'une source de rayonnement de  $\text{Co}^{60}$  d'une longueur active de 46 cm et d'un diamètre de 3 cm, six récipients cylindriques de produits à irradier, sur un cercle de 1 m de diamètre. Les récipients de produits à irradier en tôle mince ont un diamètre de 45 cm et une hauteur de 200 cm et sont remplis d'aliments pour animaux (densité de remplissage 0,7 g/cm<sup>3</sup>). Dans la pratique, on superposera fréquemment trois récipients plus petits. Ils sont montés sur des plateaux rotatifs tournant en sens opposés qui sont montés sur un arbre rotatif constitué par un matériau à paroi mince. La distance entre le mécanisme d'entraînement du plateau rotatif jusqu'à la surface de pose ne doit pas être inférieure à environ 10 cm. Les éléments de blindage latéraux sont fabriqués en acier cornière de la forme représentée. La longueur extérieure des ailes est de 14 cm, l'épaisseur maximale des ailes est de 2,4 cm. Les ailes intérieures se terminent en pointe et sont légèrement concaves, avec un rayon de courbure de 43 cm. Elles sont disposées comme représenté aux Figs. 1 et 2, et la distance entre l'axe de la source de rayonnement jusqu'à l'arête de la cornière de 90° est de 32 cm. Les récipients de produits à irradier et les éléments de blindage sont disposés, aux fins d'une manipulation plus aisée, sur un carrousel qui tourne autour de l'axe de la source de rayonnement. La source de rayonnement est entraînée pas à pas par un mécanisme de levage, et il est possible d'atteindre douze positions qui sont distantes l'une de l'autre d'une distance de 16,7 cm, en commençant

par la position inférieure. Dans les positions terminales vis-à-vis de l'extrémité des récipients, la source de rayonnement a une durée de séjour plus longue d'un facteur de 2,8 que dans les autres positions de la source de rayonnement. Il est également possible de prévoir plusieurs cycles de mouvement au cours d'un cycle d'irradiation. Le facteur d'excès de dose 10 dans le produit à irradier est de 1,04 (courbe  $H_0$  à la Fig. 5), et le rendement de radiation 12 est de 19 % (comparer avec la courbe  $H_1$  à la Fig. 6).

10 b) Le dispositif suivant l'invention conformément à l'exemple 1a (diamètre de récipient 45 cm) est approximativement comparable aux dimensions de boîtes en carton 55,2 cm x 43,2 cm x 91,4 cm du dispositif A conformément à l'état de la technique, où la dimension 43,2 cm désigne l'épaisseur à traverser par le rayonnement. Bien que le rendement de radiation (Fig. 6, courbe A) soit très favorable, le facteur d'excès de dose est, pour la densité de remplissage 11 envisagée de  $0,7 \text{ g/cm}^3$ , inadmissiblement élevé (Fig. 5, courbe A). Dans le dispositif suivant l'invention, ce produit à 20 irradier pourrait être irradié d'une manière uniforme même dans des récipients atteignant 1,4 m de diamètre.

#### Exemple 2

a) Sur un cercle de 1,84 m de diamètre sont disposés six récipients à surface de base carrée, sur des plateaux rotatifs qui 25 tournent en synchronisme et en sens opposés de manière telle que, à un moment donné, trois récipients sont orientés par l'arête vers la source de rayonnement, tandis que les trois autres récipients sont orientés par leur face plate vers la source de rayonnement (voir également la Fig. 3). Les récipients fabriqués en tôle d'acier mince ont une longueur d'arête de 70 cm et une hauteur de 250 cm, et sont remplis de produit à irradier ayant une densité de remplissage de  $0,7 \text{ g/cm}^3$ . Pour maintenir aussi petit que possible le facteur d'excès de dose 10, les fonds et les couvercles sont renforcés 30 de tôle d'acier de 3 mm. Les éléments de blindage fabriqués en acier cornière ont une longueur d'aile maximale de 23,5 cm

et une épaisseur maximale de 3,2 cm. Les ailes intérieures de l'acier cornière sont pointues en forme de coin. L'arête de la cornière est éloignée de 48,5 cm de l'axe de la source émettrice. Comme source de rayonnement on utilise la même disposition qu'à l'exemple 1a. Ici encore, la source de rayonnement peut occuper douze positions. Le centre de gravité de la source de rayonnement, dans les deux positions terminales, est située en face des extrémités des récipients. Dans ces positions terminales, la durée de séjour est supérieure d'un facteur de 3,6 à celle dans les autres positions. Le facteur d'excès de dose 10 est de 1,3 (courbe  $H_q$  à la Fig. 5) et le rendement de radiation 12 est de 18 % (courbe  $H_q$  dans la Fig. 7).

b) En comparaison, on obtient pour les récipients d'irradiation cylindriques d'un diamètre de 79 cm et d'une hauteur de 250 cm, (avec le même volume que les récipients carrés à l'exemple 2a), qui sont montés sur un cercle de 1,72 m de diamètre, le rendement de radiation 12 un peu plus élevé de 19 % (voir la courbe  $H_3$  à la Fig. 7). Le facteur d'excès de dose 10 est de 1,04 (voir la courbe  $H_0$  à la Fig. 5). Les récipients cylindriques sont distants les uns des autres de la même valeur que la distance minimale pour les récipients carrés à l'exemple 2a.

c) L'exemple 2a est comparable directement avec le dispositif R conformément à l'état connu de la technique, étant donné que dans les deux cas, on utilise le même type de récipient et la même grandeur de récipient d'irradiation. Conformément à la courbe R à la Fig. 5, le facteur d'excès de dose 10 du dispositif R atteint, pour une densité de remplissage 11 du produit à irradier de  $0,7 \text{ g/cm}^3$ , déjà une valeur de 2,1. Le rendement de radiation 12 est de l'ordre de 13 % (voir la courbe R à la Fig. 7).

Sur la base des résultats de l'exemple 2a et 2c, on note clairement que le dispositif suivant l'invention, en ce qui concerne le rendement des radiations, et surtout en ce qui concerne le facteur d'excès de dose, constitue un progrès technique considérable. Le faible facteur d'excès de dose

du dispositif suivant l'invention conformément à l'exemple 2a est atteint grâce au fait que contrairement au dispositif R, la source de rayonnement émet, en face des extrémités des récipients, une quantité de rayonnement accrue (voir le tableau 1, en comparant le paragraphe I au paragraphe II) et que dans le dispositif suivant l'invention on utilise des éléments de blindage avec une rotation uniforme des récipients (voir le paragraphe III).

Tableau 1 : Facteurs d'excès de dose pour des récipients de 10 70 cm x 70 cm x 250 cm, avec différentes densités de remplissage du produit à irradier et avec différentes dispositions.

	Densité de remplissage →	0,05, g/cm <sup>3</sup>	0,7, g/cm <sup>3</sup>
15	I Source exécutant un mouvement alternatif continu - rotation du récipient par intermittence de 90° sans éléments de blindage	1,2	2,1
20	II Source avec émission de rayonnement accrue en face des extrémités des récipients - rotation intermittente des récipients de 90° sans éléments de blindage	1,05	1,6
25	III Source avec émission de rayonnement accrue en face des extrémités des récipients - rotation des récipients uniforme avec éléments de blindage	1,03	1,3

Le paragraphe I correspond au dispositif connu R

Le paragraphe III correspond au dispositif suivant l'invention, conformément à l'exemple 2a.

## REVENDICATIONS

1. Dispositif d'irradiation pour l'irradiation uniforme au moyen d'un rayonnement électromagnétique, dont l'énergie quantique est supérieure à 5 KeV, qui présente une ou plusieurs sources de rayonnement et des dispositifs pour la réception du produit à irradier, caractérisé par le fait que latéralement du faisceau de rayons de la source de rayonnement vers l'axe médian du produit à irradier, est disposé au moins un élément de blindage dont l'action de blindage augmente au fur et à mesure qu'augmente la distance latérale de ce faisceau, et par le fait que les sources de rayonnement, les éléments de blindage et le dispositif pour la réception du produit à irradier permettent que le rayonnement pénètre dans le produit à irradier au travers de la totalité de la surface d'enveloppe du produit à irradier, de manière telle que la région située au voisinage immédiat de l'axe médian du produit à irradier est irradiée sans atténuation par les éléments de blindage.

2. Dispositif d'irradiation pour l'irradiation uniforme au moyen d'un rayonnement électromagnétique, dont l'énergie quantique est supérieure à 5 KeV, qui présente une ou plusieurs sources de rayonnement et des dispositifs pour la réception du produit à irradier, caractérisé par le fait que la source de rayonnement et les dispositifs pour la réception du produit à irradier et de la source de rayonnement sont conçus de manière telle que l'émission de rayonnement utilisable dans la région moyenne entre les extrémités axiales du produit à irradier est abaissée en moyenne, dans le temps, au cours d'un cycle d'irradiation, et par le fait que les dispositifs pour la réception du produit à irradier et de la source de rayonnement sont conçus de manière telle que le produit à irradier est irradié de tous côtés.

3. Dispositif d'irradiation selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'au moins une source de rayonnement et au moins un élément de blindage associé sont montés à rotation autour du dispositif pour la réception du produit à irradier.

4. Dispositif d'irradiation selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le dispositif pour la réception du produit à irradier est monté à rotation.

5. Dispositif d'irradiation selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'une multiplicité de sources de rayonnement avec leurs éléments de blindage associés entourent suivant un cercle le dispositif pour la réception du produit à irradier, et par le fait que les sources de rayonnement et les éléments de blindage sont montés de manière statique.

6. Dispositif d'irradiation selon la revendication 2, caractérisé par le fait qu'une source de rayonnement de faibles dimensions en comparaison avec les dimensions du produit à irradier est prévue, et par le fait que les dispositifs pour la réception du produit à irradier et de la source de rayonnement sont conçus de manière telle que la source de rayonnement peut être mue par rapport au produit à irradier de manière telle que dans la région moyenne entre les extrémités axiales du produit à irradier, sa durée de séjour est abaissée par unité de longueur de l'axe de déplacement, en moyenne dans le temps pour un cycle d'irradiation.

7. Dispositif d'irradiation selon la revendication 2, caractérisé par le fait que dans le cas d'une source de rayonnement allongée, qui correspond sensiblement à la longueur du produit à irradier, la quantité d'activité par unité de longueur de l'axe est moindre au milieu qu'aux extrémités.

8. Dispositif d'irradiation selon l'une quelconque des revendications de 1 à 5, caractérisé par le fait que le dispositif pour la réception du produit à irradier autorise le mouvement en continu ou pas à pas du produit à irradier dans la direction de l'axe médian du produit à irradier.

9. Dispositif d'irradiation selon la revendication 2, caractérisé par le fait que dans la région moyenne entre les extrémités axiales du produit à irradier, une quantité de matière supplémentaire est prévue entre la source de rayonnement et l'axe médian du produit à irradier, matière qui atténue le rayonnement agissant sur l'axe médian du produit à irradier.

10. Dispositif d'irradiation selon l'une quelconque des revendications de 1 à 9, caractérisé par le fait que le dispositif pour la réception du produit à irradier porte un récipient de préférence cylindrique, et que des produits à irradier de forme choisie à volonté sont irradiés d'une manière uniforme grâce au fait qu'entre le récipient et le produit à irradier est disposée de la matière qui présente la même densité de remplissage que le produit à irradier.

FIG. 1

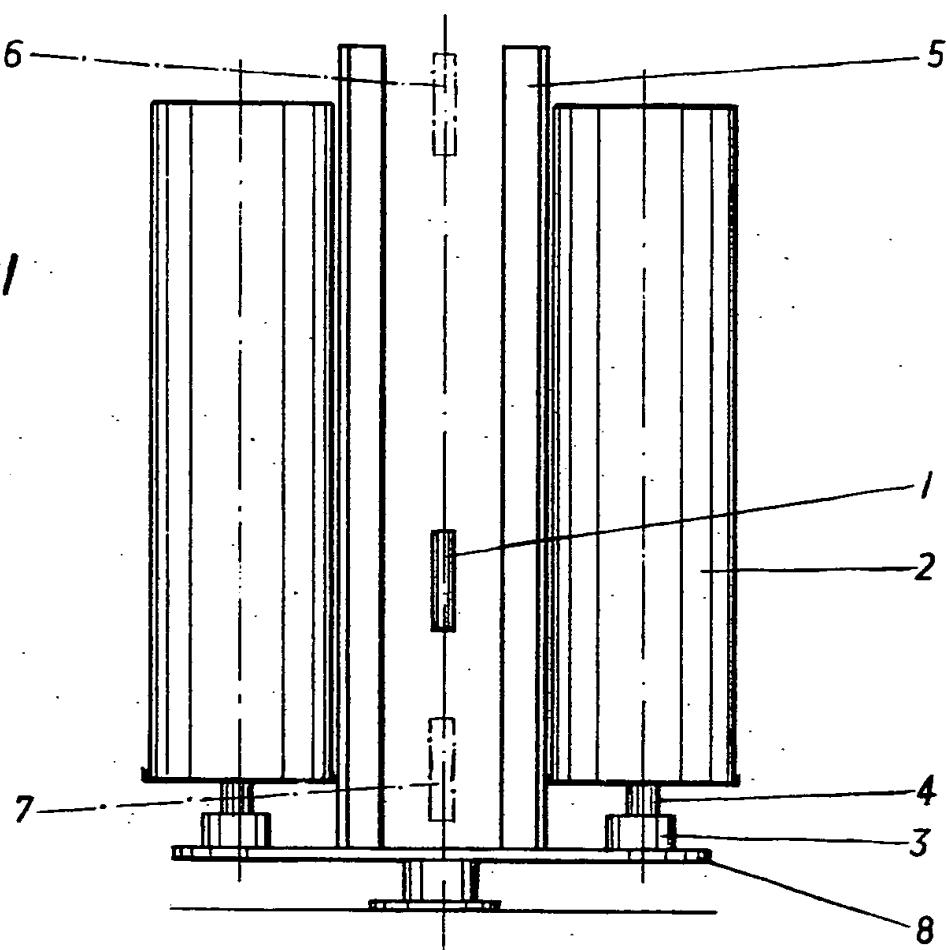


FIG. 2

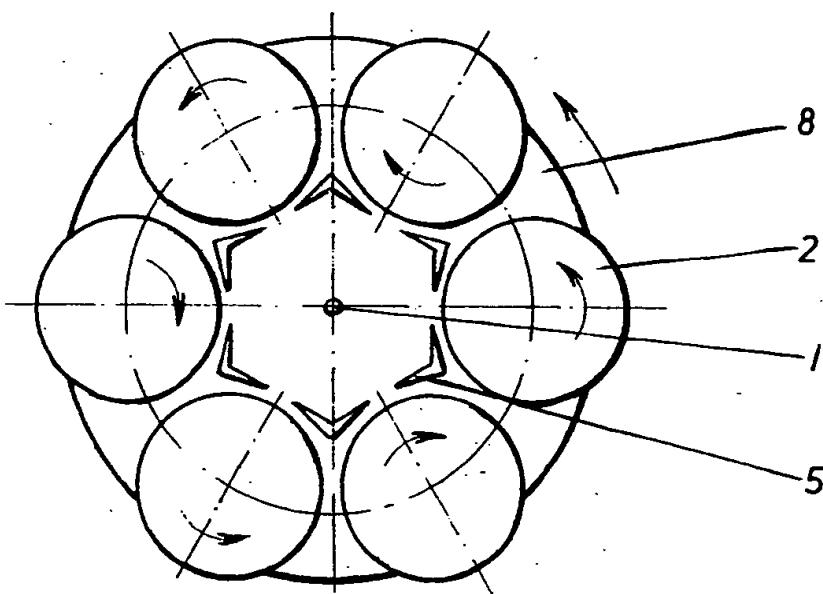


FIG.3

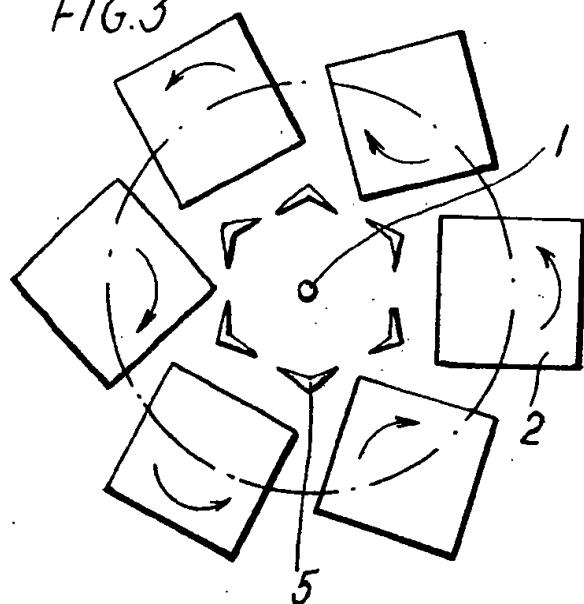


FIG.4

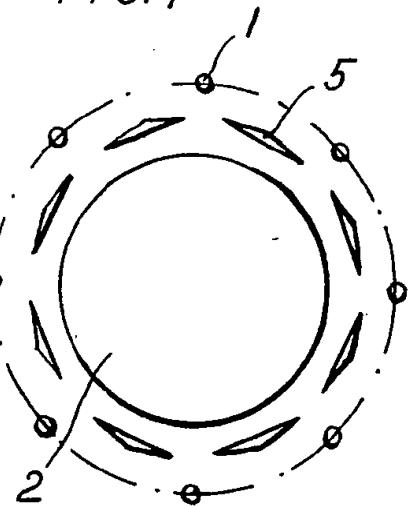


FIG.5

